

10/510137

510,137

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
9. Oktober 2003 (09.10.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/082504 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **B23H 3/02** (72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **MOECKL, Gerhard**
(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DE03/00977** [DE/DE]; Albstr. 14, 73252 Lenningen (DE).
(81) Bestimmungsstaaten (national): **BR, CN, IN, JP, US.**
(22) Internationales Anmeldedatum: **25. März 2003 (25.03.2003)** (84) Bestimmungsstaaten (regional): **europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).**
(25) Einreichungssprache: **Deutsch**
(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**
(30) Angaben zur Priorität: **102 14 618.7** **3. April 2002 (03.04.2002)** **DE**
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).**

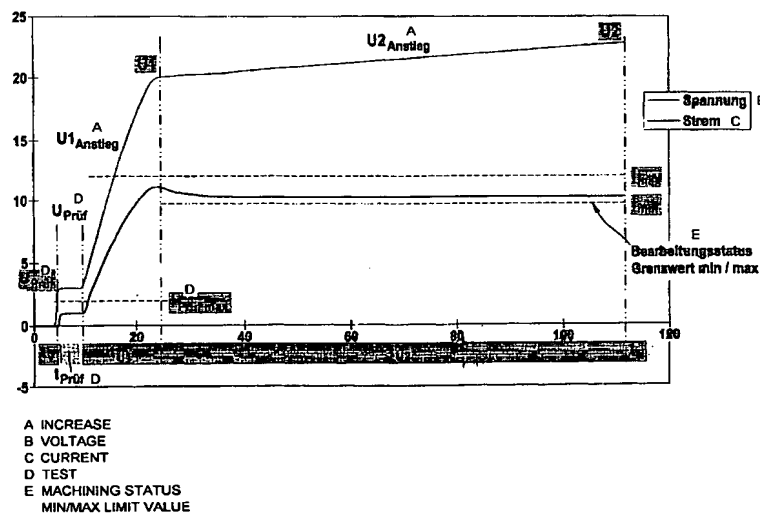
Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: **METHOD FOR MACHINING WORKPIECES USING A MACHINING PROCESS, IN PARTICULAR AN ELECTROCHEMICAL MACHINING PROCESS**

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN ZUM BEARBEITEN VON WERKSTÜCKEN MITTELS EINES BEARBEITUNGSVERFAHRENS, INSBESONDERE DES ELEKTROCHEMISCHEN BEARBEITUNGSVERFAHRENS**



(57) Abstract: The invention relates to a method for machining workpieces using a machining process, in particular an electrochemical machining process. According to said method, a voltage is applied between an electrode and a workpiece, in such a way that a current runs between the electrode and the workpiece via a working medium, in particular an electrolyte solution, in order to remove or deposit material. The voltage for machining the workpiece(s) is increased and the current is monitored. The voltage is increased by means of a ramp to reach a predetermined value (U1). This allows substantially narrow limits to be defined for the current flow during the machining process, additionally resulting in narrower limits for the dimensional accuracy and an increased quality of the workpieces. The stress on the electrode is also lower.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 03/082504 A1



(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren zum Bearbeiten von Werkstücken mittels eines Bearbeitungsverfahrens, insbesondere des elektrochemischen Bearbeitungsverfahrens, vorgeschlagen. Hierbei wird eine Spannung zwischen einer Elektrode und einem Werkstück angelegt, so dass zum Abtragen oder Auftragen von Material ein Strom zwischen der Elektrode und dem Werkstück durch ein Arbeitsmedium, insbesondere einer Elektrolytlösung, fließt. Die Spannung zur Bearbeitung des mindestens einen Werkstücks wird erhöht und der Strom überwacht. Die Spannung wird über eine Rampe auf einen vorgegebenen Wert (U_1) erhöht. Dadurch können für den Stromverlauf während der Bearbeitung wesentlich engere Grenzen festgelegt werden. Dies hat auch engere Grenzen für die Maßhaltigkeit und eine höhere Güte der Werkstücke zur Folge. Außerdem ist die Belastung der Elektrode geringer.

5

10 Verfahren zum Bearbeiten von Werkstücken mittels eines
Bearbeitungsverfahrens, insbesondere des elektrochemischen
Bearbeitungsverfahrens

15 Stand der Technik

15 Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zum Bearbeiten
mittels eines Bearbeitungsverfahrens, insbesondere des
elektrochemischen Bearbeitungsverfahrens, nach dem
Oberbegriff des Hauptanspruchs.

20 Bei einem derartigen Verfahren zum Bearbeiten von
Werkstücken mittels eines Bearbeitungsverfahrens, wobei es
sich um das elektrochemische Bearbeitungsverfahren handeln
kann, wird eine Spannung zwischen einer Elektrode und einem
25 Werkstück angelegt. Durch die angelegte Spannung wird ein
Stromfluss zwischen der Elektrode und dem Werkstück durch
ein Arbeitsmedium - wobei es sich bei der elektrochemischen
Materialbearbeitung um eine Elektrolytlösung handelt -
erzeugt, wodurch Material abgetragen oder aufgetragen wird.

30 Um sicherzustellen, dass zwischen dem Werkstück und der
Elektrode kein Kurzschluss besteht, wird zuerst eine kleine
Prüfspannung angelegt und der dabei fließende Strom
gemessen. Wird ein vorgegebener Wert nicht überschritten,
35 kann die Bearbeitung beginnen. Hierzu wird die Spannung

schlagartig erhöht. Dies führt zu einem großen Anfangsstrom, da der Spalt bzw. der Abstand zwischen dem Werkstück und der Elektrode noch sehr gering ist. Die Elektrode wird während der Bearbeitung relativ zum Werkstück nicht bewegt. Dadurch nimmt der Spalt bzw. der Abstand während der Bearbeitung durch den Materialabtrag zu. Daher steigt auch der Widerstand im Spalt an, und der Strom nimmt im Laufe der Bearbeitung stark ab. Der Strom ändert sich somit während der Bearbeitung in einem recht großen Bereich. Dadurch kann aber auch die Maßhaltigkeit und die Güte der zu bearbeitenden Stelle stärker variieren. Außerdem wird auch die Elektrode stark belastet und der Verschleiss nimmt zu.

Aus der DE 40 40 590 C1 ist ebenfalls ein Verfahren zum Bearbeiten von Werkstücken mittels des elektrochemischen Bearbeitungsverfahrens bekannt, bei dem eine Spannung zwischen mindestens einer Elektrode und mindestens einem Werkstück angelegt wird, so dass zum Abtragen von Material ein Strom zwischen der mindestens einen Elektrode und dem mindestens einen Werkstück durch die insbesondere einer Elektrolytlösung fließt. In diesem Fall wird der Strom geregelt. Das heißt, dass die Spannung entsprechend der Vorgabe für den eingestellten Stromwert eingestellt wird. Besonders bei mehreren parallel zu bearbeitenden Werkstücken kann hier der Fall eintreten, dass beispielsweise bei einem Werkstück der Widerstand zur Elektrode wesentlich geringer ist als bei den anderen. Als Folge fließt ein entsprechend hoher Strom durch dieses Werkstück und es besteht die Gefahr, dass zuviel Material abgetragen wird. Die anderen Werkstücke hingegen werden dann nicht ausreichend bearbeitet. Die elektrochemische Bearbeitung mit einer Stromregelung sollte daher auf Bearbeitungen von einem Werkstück beschränkt bleiben.

Es gibt daneben noch elektrochemische Bearbeitungen, bei denen die Elektrode bewegt wird, so dass der Abstand zwischen der Elektrode und dem Werkstück konstant bleibt. Dadurch bleibt der Widerstand zwischen der Elektrode und dem Werkstück ungefähr konstant und somit auch der Strom.

Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Bearbeiten mittels eines Bearbeitungsverfahrens, insbesondere des elektrochemischen Bearbeitungsverfahrens, mit den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruchs hat demgegenüber den Vorteil, dass bei der Überwachung des Stromes wesentlich engere Grenzen festgelegt werden können, in denen sich der Strom bewegt. Dies hat auch eine höhere Maßhaltigkeit der Werkstücke zur Folge. Außerdem ist der maximale Strom, der durch die Elektrode fließt, geringer. Dadurch erwärmt sie sich weniger, was zu einer Erhöhung der Standzeit führt. Erreicht wird dies dadurch, dass die Spannung nach dem Prüfzyklus über eine Rampe auf einen vorgegebenen Wert erhöht wird. Der Strom folgt diesem Anstieg und verändert sich in wesentlich engeren Grenzen.

Es ist vorteilhaft, den Spannungsverlauf während der Bearbeitung vorzugeben, den Strom zu messen und mit einem vorgegebenen Bereich, der durch einen unteren Grenzwert und einen oberen Grenzwert gebildet wird, zu vergleichen. Die Bearbeitung sollte abgebrochen werden, wenn der gemessene Strom außerhalb des mindestens einen vorgegebenen Bereichs liegt. Dadurch können Beschädigungen durch zu hohe Ströme oder fehlerhafte Teile durch zu geringe Bearbeitung vermieden werden.

In einer Weiterbildung kann die Spannung nach Erreichen des ersten Wertes über eine Rampe auf einen größeren Wert erhöht

oder auf einen niedrigeren Wert gesenkt werden. Durch die richtige Wahl der Rampen, kann ein relativ konstanter Stromverlauf erzielt werden.

5 Werkstücke, die nach der Bearbeitung in Ordnung sind,
zeichnen sich durch einen bestimmten Widerstandsbereich, der
abhängig von der Größe des Spalts zwischen Elektrode und
Werkstück und dem Arbeitsmedium dazwischen ist, aus. Dies
10 hat auch einen bestimmten Bereich zur Folge, in dem der
Strom liegen muss. Diesen Umstand kann man sich für eine
Qualitätskontrolle zu Nutze machen, indem man den am Ende
der Bearbeitung gemessenen Strom mit einem zweiten
vorgegebenen Bereich vergleicht, der kleiner ist als ein
15 während der Bearbeitung vorgegebener Bereich. Liegt der
Strom in diesem Bereich, ist das Werkstück in Ordnung.

Was für das Ende der Bearbeitung gilt, lässt sich auch für
den Beginn der Bearbeitung nutzen. Vor der Bearbeitung muss
20 der Widerstand im Spalt zwischen der Elektrode und dem
Werkstück ebenfalls in einem bestimmten Bereich liegen,
damit bei einer vorgegeben Zeit für die Bearbeitung bei
einem vorgegebenen Spannungsverlauf der erforderliche Strom
fließt. Ist der Widerstand zu hoch, ist das Ergebnis am
Ende, insbesondere bei einer Bearbeitung mit einer
25 vorgegebenen Zeit, eine zu geringe Bearbeitung. Ist der
Widerstand zu niedrig, wird zuviel Material ab- oder
aufgetragen. Misst man also während des Prüfvorgangs den
Strom und vergleicht ihn mit einem vorgegebenen Bereich,
weiß man, ob die Bearbeitung voraussichtlich gute Teile
30 liefern wird oder ob sie - beim Überschreiten oder
Unterschreiten dieses Bereiches - abgebrochen werden muss.

Es ist besonders vorteilhaft, mehrere Werkstücke parallel zu
bearbeiten und den Strom durch jedes Werkstück zu messen.

Außerdem lässt sich das Verfahren besonders gut für Bearbeitungen mit einer Elektrode, die bei der Bearbeitung relativ zum Werkstück nicht bewegt wird, verwenden.

5. Weitere Vorteile und vorteilhafte Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Bearbeiten mittels eines Bearbeitungsverfahrens, insbesondere des elektrochemischen Bearbeitungsverfahrens, ergeben sich aus den Unteransprüchen und der Beschreibung.

10
Zeichnung

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher
15 erläutert. Es zeigen Figur 1 den graphischen Verlauf der Spannung und des Stromes bei einer elektrochemischen Materialbearbeitung über der Zeit und Figur 2 den graphischen Verlauf der Spannung und des Stromes bei einer zweiten elektrochemischen Materialbearbeitung über der Zeit.

20
Beschreibung des Ausführungsbeispiels

Das Prinzip der elektrochemischen Materialbearbeitung beruht darauf, dass an zwei Elektroden, welche sich in einer als
25 Arbeitsflüssigkeit verwendeten wässrigen Elektrolytlösung befinden, eine Gleichspannung angelegt wird. Dazu wird das zu behandelnde Werkstück mit Hilfe eines Übertragungselements mit dem Pluspol (Anode) einer Stromquelle verbunden, während eine als Werkzeug dienende
30 Elektrode aufgrund ihrer elektrisch leitenden Eigenschaften mit dem Minuspol (Kathode) der Stromquelle verbunden wird.

Die Zusammensetzung der Elektrolytlösung ist abhängig vom
35 Material des zu bearbeitenden Bauteils. Bei Metallen z. B. wird eine Natriumchlorid- oder eine Natriumnitratlösung

gewählt. Der elektrochemische Prozeß an sich ist aus der Physik bekannt und somit hier nicht näher erläutert. Die Arbeitsweise ist neben der Zusammensetzung der Elektrolytlösung auch von der verwendeten Stromstärke abhängig, die wiederum auf das Material des zu bearbeitenden Werkstücks abzustimmen ist.

In der Figur 1 ist der Verlauf der Spannung und des Stroms während einer elektrochemischen Bearbeitung eines Werkstücks über der Zeit dargestellt. Die obere Linie stellt die Spannung dar und die untere den Strom.

Bei der vorliegenden Erfindung handelt es sich um eine Bearbeitung, bei der die Elektrode oder mehrere Elektroden bei der Bearbeitung relativ zum Werkstück oder den Werkstücken nicht bewegt werden, wobei dieser Fall auch denkbar ist.

Für die verwendeten Abkürzungen in der Figur 1 gilt:

$U_{\text{Prüf}}$: Dies ist eine Prüfspannung, die am Anfang des Prozesses angelegt wird. Anhand der Prüfspannung $U_{\text{Prüf}}$ wird ein Kurzschluss zwischen dem Werkstück und der Elektrode frühzeitig erkannt. Die Prüfspannung $U_{\text{Prüf}}$ wird vor jedem Bearbeitungsvorgang angelegt; der Bereich liegt beispielsweise zwischen 2V und 5V. Zur gültigen Prüfung muss das Anliegen der Prüfspannung an den Werkstücken überprüft werden.

$I_{\text{Prüfmax}}$: Dies ist ein maximaler Strom, der beim Anliegen der Prüfspannung $U_{\text{Prüf}}$ fließen darf. Sollte der tatsächliche Strom $I_{\text{Prüfmax}}$ diesen Sollwert überschreiten, so gilt die Prüfung als nicht erfolgreich. Der Bereich des Stromes $I_{\text{Prüfmax}}$ liegt beispielsweise bei 2A bis 5A.

$t_{\text{Prüf}}$: Dies ist die Zeit, während der die Prüfspannung $U_{\text{Prüf}}$ anliegt.

5 U_1 : Dies ist ein Spannungswert, der nach erfolgreicher Prüfung unter Berücksichtigung der Zeit t_{U1} als nächstes über eine Rampe angefahren wird; d.h. es findet ein sukzessiver Spannungsanstieg statt. Eine Rampe kann im vorliegenden Fall stetig verlaufen oder in kleinen Spannungsstufen.

10 t_{U1} : Dies ist die Zeit für den Prozess vom Ende der Prüfung bis zum Erreichen des Spannungswertes U_1 .

15 U_2 : Dies ist der Spannungsendwert des Prozesses. Besteht eine Differenz zwischen U_1 und U_2 , erfolgt hier eine sukzessive Spannungsänderung abhängig von der Zeit t_{U2} ebenfalls entlang einer Rampe.

20 t_{U2} : Dies ist die Zeit für den Prozess vom Erreichen von U_1 bis zum Erreichen des Spannungsendwertes U_2 .

25 I_{min} : Dies ist ein unterer Stromgrenzwert während der eigentlichen Bearbeitung bzw. während der Zeit t_{U2} . Unterschreitet der Strom während der Bearbeitung, wenn sich die Spannung von U_1 auf U_2 erhöht, diesen Stromwert I_{min} so wird die Bearbeitung des Werkstückes abgebrochen. Nach einer vorgegebenen Zahl an derartigen Fehlern wird die Bearbeitung stillgesetzt.

30 I_{max} : Dies ist der obere Stromgrenzwert für der Zeit t_{U2} . Überschreitet der Strom während des Prozesses bzw. beim Übergang von $U_{\text{Prüf}}$ nach U_1 nach U_2 diesen Wert, so wird unverzüglich die Spannungsquelle abgeschaltet.

Bearbeitungsstatus Grenzwert max/min: Dies ist ein Fenster oder Bereich gegen Ende, zum Beispiel wenige Sekunden vor dem Ende, oder am Ende der Bearbeitung. Hier wird überprüft, ob der Strom in dem mit Bearbeitungsstatus Grenzwert max/min festgelegten Fenster liegt. Dadurch kann auf die Werkstückgeometrie geschlossen werden. Die Grenzwerte sind mitentscheidend für Maßhaltigkeit und Güte der Werkstücke.

Bei dem Verfahren zum Bearbeiten von Werkstücken mittels des elektrochemischen Bearbeitungsverfahrens wird eine Spannung zwischen mindestens einer Elektrode und mindestens einem Werkstück angelegt. Beim vorliegenden Verfahren können leicht mehrere Werkstücke parallel bearbeitet werden. Zum Abtragen von Material fließt Strom zwischen der Elektrode und dem Werkstück durch die Elektrolytlösung. Wichtig ist, dass die Spannung zur Bearbeitung des Werkstücks die Steuerungs- oder Führungsgröße ist. Dieser vorgegebenen Größe folgt der Strom und wird dabei überwacht. Es ist also ein spannungsgeführter Prozess. Wird der Strom bei mehreren parallel zu bearbeitenden Werkstücken an jedem Werkstück überwacht, ist eine gute Bearbeitung aller Werkstücke gewährt.

Die Spannung, die gegebenenfalls auch unter Auslassen des Prüfvorganges eingestellt wird, darf nicht schlagartig erhöht werden. Sie muss vielmehr über eine Rampe auf den vorgegebenen Wert U_1 , bei dem dann eine nennenswerte Bearbeitung erfolgt, erhöht werden. Dadurch entsteht keine Stromspitze, wodurch die Elektrode geschont wird. Außerdem bewegt sich der Strom während der eigentlichen Bearbeitungszeit t_{U2} in engeren Grenzen.

Nach Erreichen des Wertes U_1 wird die Spannung über eine Rampe auf den größeren Wert U_2 erhöht. Die Rampe bzw. der Spannungsanstieg wird so vorgegeben, dass der Strom

möglichst konstant bleibt. Es ist aber auch möglich, dass die Spannung konstant bleibt oder nach Erreichen des Wertes U_1 über eine Rampe auf einen niedrigeren Wert gesenkt wird. Dies ist zum Beispiel sinnvoll bei Prozessen, bei denen Material aufgetragen wird und der Abstand zwischen einem Werkstück und einer Elektrode abnimmt. Wichtig hierbei sind auch die Grenzwerte I_{\min} und I_{\max} , mit denen der Strom verglichen wird. Um eine Beschädigung der Werkstücke zu vermeiden, wird die Bearbeitung abgebrochen, wenn der gemessene Strom außerhalb des durch die Grenzwerte I_{\min} und I_{\max} vorgegebenen Bereichs liegt. Über- oder unterschreitet der Strom am Ende des Prüfvorgangs den vorgegebenen Bereich, sollte auch die Bearbeitung abgebrochen werden.

Auch ist es möglich, nach dem Erreichen der Spannung U_2 weitere derartige Bearbeitungsstufen anzuschließen.

I_{\min} und I_{\max} können feste Werte während des Gesamtprozesses beginnend mit t_{U1} bis Prozessende sein sowie als Variable für jede Bearbeitungsstufe definiert werden; d.h., dass sie sich über der Zeit ändern können.

In der Figur 2 ist eine Bearbeitung mit einer zusätzlichen Überprüfung dargestellt. Gegen Ende des Prüfvorgangs ist ein weiteres Fenster erkennbar. Dieses Fenster wird durch einen oberen Stromwert und einen unteren Stromwert gebildet. Der obere Strom ist niedriger als der maximal zulässige Stromwert $I_{\text{prüfmax}}$. Liegt der Strom bei der Spannung $U_{\text{prüf}}$ gegen Ende des Prüfvorgangs in dem Fenster, bedeutet dies, dass der Gesamtwiderstand, der durch die Leitungen, das Werkstück die Elektrode etc. sowie insbesondere den mit der Elektrolytlösung gebildeten Arbeitsspalt zwischen dem Werkstück und der Elektrode einen richtigen Wert hat oder in einem vorgegebenen Bereich liegt. Durch diesen Wert oder Bereich, der zum Beispiel durch Referenzmessungen

ermittelbar oder rechnergestützt berechenbar ist, lässt sich schließen, dass sich bei einem vorgegebenen Spannungsverlauf ein bestimmter Stromverlauf und somit am Ende ein bestimmter Bearbeitungsgrad einstellen muss. Dadurch ist es sogar denkbar, auf den Vergleich des Stromes mit dem Bereich „Bearbeitungsstatus Grenzwert max/min“ am Ende der Bearbeitung zu verzichten.

Das beschriebene Verfahren ist nicht nur auf die elektrochemische Materialbearbeitung mit einer Elektrolytlösung als Arbeitsmedium beschränkt. Möglich ist die Anwendung des Verfahrens auch auf die galvanische, elektroerosive oder funkenerosive Bearbeitung eines Werkstücks, das Beschichten eines Werkstückes oder dergleichen, bei dem ggf. ein anderes Arbeitsmedium verwendet wird. Auch muss nicht nur Material abgetragen werden. Es sind auch Verfahren denkbar, bei denen Material aufgetragen wird.

5

10 Patentansprüche

15

20

25

30

35

1. Verfahren zum Bearbeiten von Werkstücken mittels eines Bearbeitungsverfahrens, insbesondere des elektrochemischen Bearbeitungsverfahrens, bei dem eine Spannung zwischen mindestens einer Elektrode und mindestens einem Werkstück angelegt wird, so dass zum Abtragen oder Auftragen von Material ein Strom zwischen der mindestens einen Elektrode und dem mindestens einen Werkstück durch ein Arbeitsmedium, insbesondere einer Elektrolytlösung, fließt, wobei die Spannung zur Bearbeitung des mindestens einen Werkstücks erhöht und der Strom überwacht wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannung über eine Rampe auf einen vorgegebenen Wert (U1) zur Bearbeitung des Werkstücks erhöht wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannung nach Erreichen des ersten Wertes (U1) über eine Rampe auf einen größeren Wert (U2) erhöht wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannung nach Erreichen des ersten Wertes (U1) über eine Rampe auf einen niedrigeren Wert gesenkt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannung nach Erreichen des ersten Wertes (U1) über eine Rampe auf einen größeren Wert (U2) so

erhöht wird oder über eine Rampe auf einen niedrigeren Wert so gesenkt wird, dass ein im Wesentlichen konstanter Stromverlauf erzielt wird.

5 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Spannungsverlauf während der Bearbeitung vorgegeben wird und dass der Strom gemessen und mit mindestens einem vorgegebenen Bereich, der durch einen unteren Grenzwert (I_{\min}) und einen oberen Grenzwert (I_{\max}) gebildet wird, verglichen wird.

10 6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Bearbeitung abgebrochen wird, wenn der gemessene Strom außerhalb des mindestens einen vorgegebenen Bereichs liegt.

15 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass ein gegen oder am Ende der Bearbeitung gemessener Strom mit einem zweiten vorgegebenen Bereich verglichen wird, der vorzugsweise kleiner ist als ein während der Bearbeitung vorgegebener Bereich.

20 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass am Ende des Prüfvorgangs der Strom mit einem vorgegebenen Bereich verglichen wird und der Prozess beim Überschreiten oder Unterschreiten dieses Bereiches abgebrochen wird.

25 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Werkstücke parallel bearbeitet werden und der Strom durch jedes Werkstück gemessen wird.

30 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Elektrode bei der Bearbeitung relativ zum mindestens einen Werkstück nicht bewegt wird.

35

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass während des Prüfvorgangs der Strom mit einem vorgegebenen Bereich verglichen wird.

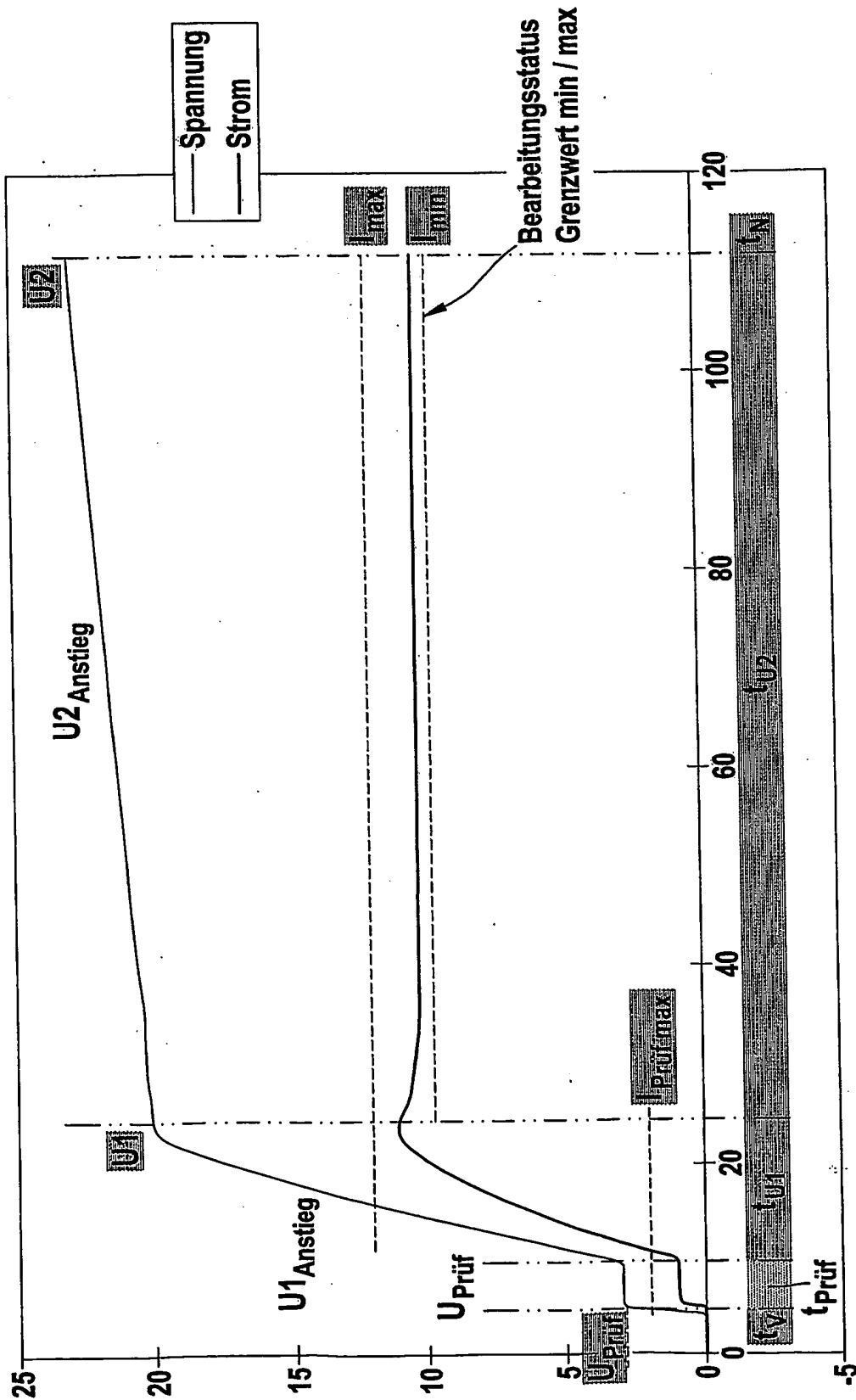
5

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Prozess beim Überschreiten oder Unterschreiten des Bereichs abgebrochen wird.

10

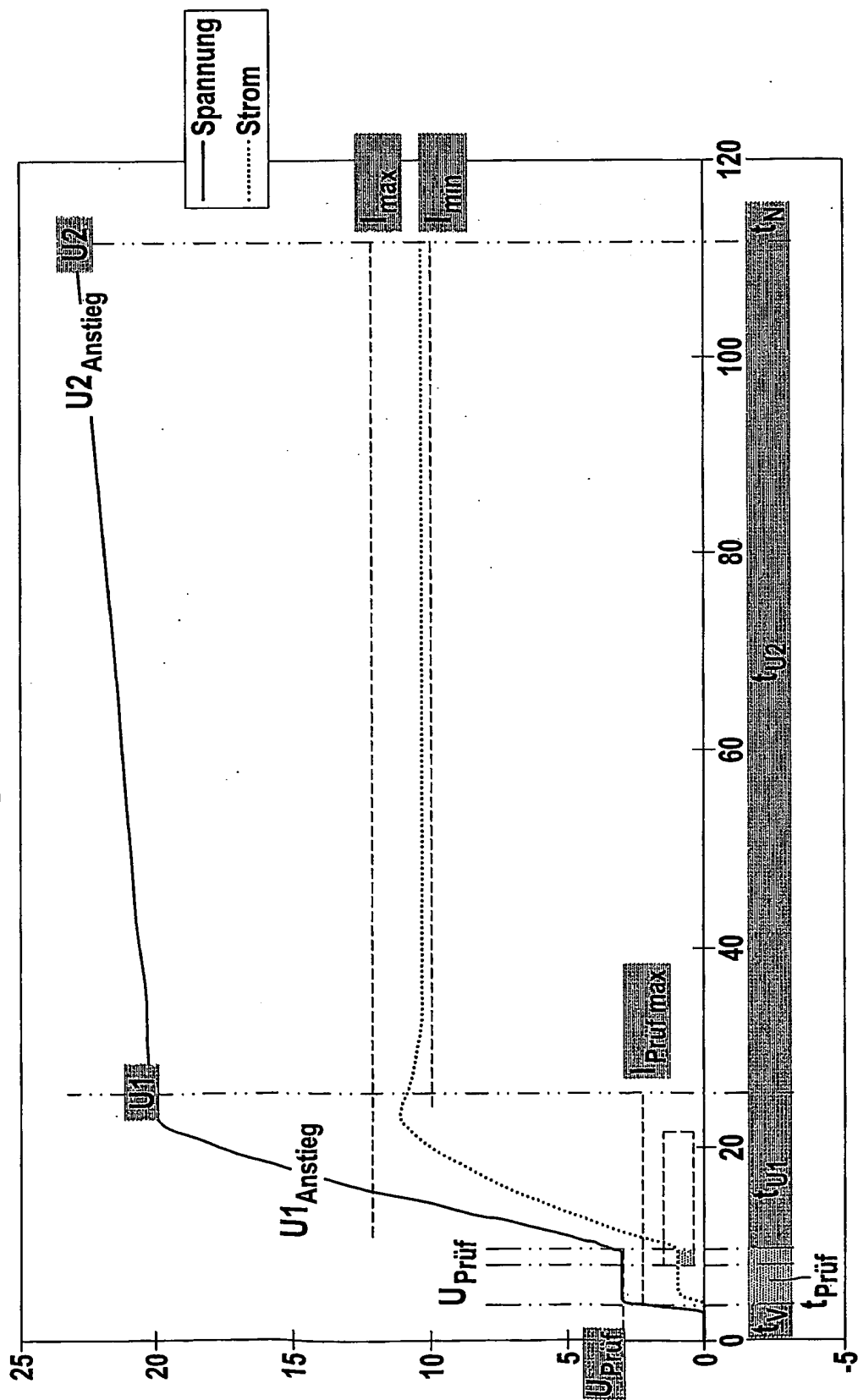
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass vor der Erhöhung der Spannung (U_1) zur Bearbeitung des Werkstücks ein Prüfvorgang mit einer Prüfspannung ($U_{\text{prüf}}$) durchgeführt wird.

Fig. 1



2/2

Fig. 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 Int. Application No
 PCT/DE 03/00977

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 7 B23H3/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B23H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 40 40 590 C (FREMBGEN) 23 April 1992 (1992-04-23) cited in the application the whole document	1-13
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 015, no. 182 (M-1111), 10 May 1991 (1991-05-10) - & JP 03 043119 A (SHIZUOKA SEIKI CO LTD), 25 February 1991 (1991-02-25) abstract	1-13

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

8 document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 September 2003

Date of mailing of the international search report

19/09/2003

Name and mailing address of the ISA

 European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Haegeman, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

In **Application No**
PCT/DE 03/00977

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 4040590	C	23-04-1992	DE 4040590 C1	23-04-1992
			CS 9103774 A3	15-07-1992
			EP 0491220 A2	24-06-1992
			ES 2070404 T3	01-06-1995
			US 5225053 A	06-07-1993
<hr/>				
JP 03043119	A	25-02-1991	EP 0422248 A1	17-04-1991
			WO 9011863 A1	18-10-1990
			KR 9311210 B1	29-11-1993
			US 5294308 A	15-03-1994
<hr/>				

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int. Aktenzeichen
PCT/DE 03/00977

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 B23H3/02

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 B23H

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 40 40 590 C (FREMBGEN) 23. April 1992 (1992-04-23) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1-13
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 015, no. 182 (M-1111), 10. Mai 1991 (1991-05-10) -& JP 03 043119 A (SHIZUOKA SEIKI CO LTD), 25. Februar 1991 (1991-02-25) Zusammenfassung	1-13



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

G Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

10. September 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

19/09/2003

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Haegeman, M

INTERNATIONAL RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Ir  Aktenzeichen

PCT/DE 03/00977

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument			Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung	
DE 4040590	C	23-04-1992	DE	4040590 C1		23-04-1992		
			CS	9103774 A3		15-07-1992		
			EP	0491220 A2		24-06-1992		
			ES	2070404 T3		01-06-1995		
			US	5225053 A		06-07-1993		
<hr/>								
JP 03043119	A	25-02-1991	EP	0422248 A1		17-04-1991		
			WO	9011863 A1		18-10-1990		
			KR	9311210 B1		29-11-1993		
			US	5294308 A		15-03-1994		
<hr/>								